

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001年7月12日 (12.07.2001)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/50818 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H05B 3/00, 3/20, H01L 21/027

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/08154

(22) 国際出願日: 2000年11月20日 (20.11.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願平 11/377206 29 Aug 01/2000  
1999年12月29日 (29.12.1999) JP  
特願2000/149 2000年1月4日 (04.01.2000) JP

Yasutaka) [JP/JP]. 古川正和 (FURUKAWA, Masakazu) [JP/JP]. 平松靖二, (HIRAMATSU, Yasuji) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP).

(74) 代理人: 安富康男, 外 (YASUTOMI, Yasuo et al.); 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目4番20号 中央ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-0917 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地 Gifu (JP).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

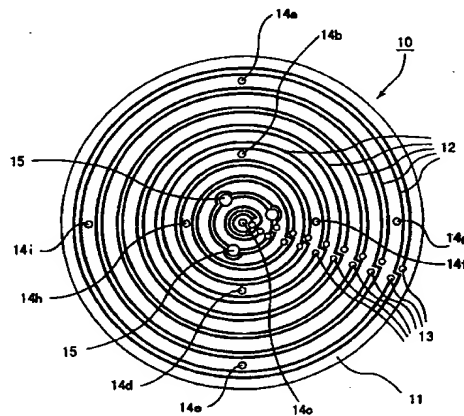
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 伊藤康隆 (ITO,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: CERAMIC HEATER

(54) 発明の名称: セラミックヒータ



(57) Abstract: A ceramic heater for uniformly heating such objects as silicon wafers, wherein a heat generator is formed on the surface or the inside of a ceramic plate, characterized in that a bottom-closed hole is formed which extends from the back to the front of a heating surface for heating an object, the bottom of the bottom-closed hole being located relatively closer to the heating surface than to the heat generator, the bottom-closed hole being provided with a temperature measuring element.

[続葉有]

WO 01/50818 A1



---

(57) 要約:

本発明の目的は、シリコンウエハ等の被加熱物を均一に加熱することができるセラミックヒータを提供することにある。本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータであって、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に測温素子を設けたことを特徴とする。

## 明細書

## セラミックヒータ

## 技術分野

- 5 本発明は、主に半導体産業において使用される乾燥用、スパッタリング用等のセラミックヒータに関し、特には、温度制御しやすく、加熱面の温度均一性に優れるセラミックヒータに関する。

## 背景技術

- 10 半導体製品は、シリコンウエハ上に感光性樹脂をエッチングレジストとして形成し、シリコンウエハのエッチングを行う工程等を経て製造される。

この感光性樹脂は液状であり、スピンコーターなどを用いてシリコンウエハ表面に塗布されるのであるが、塗布後に乾燥させなければならず、塗布したシリコンウエハをヒータ上に載置して加熱することになる。

- 15 従来、このような用途に使用される金属製のヒータとしては、アルミニウム板の裏面に発熱体を配置したものが採用されている。

ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。

- まず、金属製であるため、ヒータ板の厚みは、15mm程度と厚くしなければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪  
20 みが発生してしまい、金属板上に載置したシリコンウエハが破損したり傾いたりしてしまうからである。しかしながら、ヒータ板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、また、かさばってしまう。

- また、発熱体に印加する電圧や電流量を変えることにより、加熱温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してヒータ板の温  
25 度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。

そこで、特公平8-8247号公報などで提案されているように、発熱体が形成された窒化物セラミックを使用し、発熱体近傍の温度を測定しながら、温度制御する技術が提案されている。

## 発明の要約

ところが、このような技術を用いてシリコンウエハを加熱しようとした際、ヒータ表面の温度差に起因する熱衝撃でシリコンウエハが破損してしまうという問題が発生した。

- 5      そこで、本発明者らは、シリコンウエハ破損の原因について鋭意研究した結果、温度制御を行っているにも拘わらずシリコンウエハが破損するのは、発熱体の近傍の温度を測定しても、この温度は、必ずしもシリコンウエハ加熱面の温度を反映していないため、シリコンウエハに場所による温度差が生じ、破損してしまうという予期しない事実をつきとめた。

- 10     また、このような温度の不均一性は、窒化物セラミックや炭化物セラミックなどの熱伝導率の高いものほど顕著であるという事実も新たにつきとめた。

- そこで、本発明者らはさらに検討を重ね、よりシリコンウエハに近い部分の温度を測定し、その結果に基づいて加熱を行うことにより、シリコンウエハの加熱面の温度差を小さくすることができ、セラミック板の破損を防止することができ  
15     ることを見だし、以下に示す内容を要旨構成とする本発明を完成するに至った。

        即ち、第一の本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータであって、

- 被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に上  
20     記測温素子を設けたことを特徴とする。

        上記セラミックヒータにおいて、上記有底孔の底と加熱面との距離は、0.1 mm～セラミック板の厚さの1/2であることが望ましい。

        上記セラミックヒータを構成するセラミックは、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックであることが望ましい。

- 25     上記セラミックヒータの発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなることが望ましい。

        上記セラミックヒータの発熱体は、断面が偏平形状であることが望ましい。

        また、第二の本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック板の温度を測定する測温素子と、

上記発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温素子により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなるセラミックヒータであって、

- 5 上記セラミック板に、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に上記測温素子を設けたことを特徴とする。

上記セラミックヒータにおいて、上記発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることが望ましい。

- 10 上記第一および第二のセラミックヒータにおいて、上記測温素子は、シース型熱電対であって、有底孔の底部に圧着されていることが望ましい。

また、上記測温素子は、有底孔の底部に弾性体またはネジにより圧着されていることが望ましい。

さらに、上記測温素子は、有底孔内に絶縁物で封止されていることが望ましい。

15

#### 図面の簡単な説明

図1は、第一の本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示す底面図である。

図2(a)は、第二の本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示すブロック図であり、(b)は、上記セラミックヒータの部分拡大断面図である。

- 20 図3は、第二の本発明のセラミックヒータの他の一例を模式的に示すブロック図である。

図4(a)は、測温素子が設置されたセラミックヒータの一例を模式的に示す断面図であり、(b)は、有底孔の形状を示す拡大底面図である。

- 25 図5(a)は、測温素子が設置されたセラミックヒータの他の一例を模式的に示す断面図であり、(b)は、有底孔の形状を示す拡大底面図である。

図6は、実施例4に係るセラミックヒータの温度プロファイルを示すグラフである。

図7は、実施例4に係るセラミックヒータの電力のプロファイルを示すグラフである。

## 符号の説明

- 10、20、40 セラミックヒータ  
11、21、41、61、71 ヒータ板  
5 12、22、42、62、72 発熱体  
13、23、43 端子ピン  
14、24、44 有底孔  
15、25、45 貫通孔  
19 シリコンウエハ  
10 21a、41a 加熱面  
21b、41b 底面  
26、46 支持ピン  
27、47、67 熱電対  
28 スルーホール  
15 29、49 制御部  
30、50 記憶部  
31、51 演算部  
66 筒  
610、710 有底孔

20

## 発明の詳細の開示

第一の本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータであって、

- 25 被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に上記測温素子を設けたことを特徴とする。

第一の本発明のセラミックヒータによれば、測温場所が発熱体よりも被加熱物（シリコンウエハ）の加熱面に近いので、より正確な被加熱物の温度の測定が可能となり、この温度の測定結果に基づいて発熱体の発熱状態を調整することによ

り、被加熱物を均一に加熱することが可能となる。

また、窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、セラミック板（以下、ヒータ板という）の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、ヒータ板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、ヒータ板の熱伝導率が高く、ヒータ板自体が薄いため、ヒータ板の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて発熱体の温度を変化させることにより、ヒータ板の表面温度を制御することができるのである。

上記セラミックヒータにおいて、上記発熱体は、ヒータ板の一主面の表面に形成し、反対側面をシリコンウエハなどの被加熱物を加熱する加熱面とするか、または、ヒータ板の内部であって、中心より一方の主面側に偏芯させて形成し、発熱体から遠い方の面を加熱面とすることが望ましい。

発熱体の形成位置をこのように設定することにより、発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、ヒータ板全体に拡散し、被加熱物（シリコンウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。

加熱は、ヒータ板に被加熱物を載置して行うか、または、ヒータ板から被加熱物を所定距離に離間させた状態で保持して行うことができる。

図1は、第一の本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示す底面図である。

ヒータ板11は、円板状に形成されており、発熱体12は、ヒータ板11の加熱面（図示した底面の反対側面）の全体の温度が均一になるように加熱する必要があるため、ヒータ板11の底面に同心円状のパターンに形成されている。また、これら発熱体12は、互いに近い二重の同心円同士が1組として、1本の線になるように接続され、その両端に入出力の端子となる端子ピン13が接続されている。また、中央に近い部分には、支持ピン（図示せず）を挿入するための貫通孔15が形成され、さらに、測温素子を挿入するための有底孔14a～14iが形成されている。

このセラミックヒータ10において、ヒータ板11の厚さは、0.5～5mmが好ましい。0.5mmより薄いと、強度が低下するため破損しやすくなり、一

方、5 mmより厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が悪くなる。

セラミックヒータ10を構成するセラミックは、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックであることが望ましい。

上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

また、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

10 これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が $180\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と最も高く、温度追従性に優れる反面、温度分布の不均一を招きやすく、本発明のような測温素子の形成構造をとる必要があるからである。

第一の本発明のセラミックヒータ10において、有底孔14a~14iの底と加熱面との距離（図2（b）参照）Lは、0.1 mm~セラミック板の厚さの1  
15 /2であることが望ましい。有底孔14a~14iの底と加熱面との距離が0.1 mm未満では、放熱してしまい、シリコンウエハ加熱面に温度分布が形成されてしまい、一方、セラミック板の厚さの1/2を超えると、発熱体の温度の影響を受けやすく、やはりシリコンウエハの加熱面に温度分布が形成されてしまうからである。

20 上記測温素子としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。

また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602（1980）に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。

25 上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同一か、または、それよりも大きく、0.5 mm以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合は、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径よりも小さくすることは困難である。

有底孔14a~14iの直径は、0.3~0.5 mmであることが望ましい。



これは、直径が大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下して、加工面との距離を均等にすることができなくなるからである。

上記有底孔 14 a ~ 14 i は、図 1 に示したように、ヒータ板 11 の中心に対して対称で、かつ、十字を形成するように配列することが望ましい。このように  
5 配列することにより、加熱面全体の温度を測定することができるからである。

上記測温素子は、金ろう、銀ろうなどを使用して、有底孔 14 a ~ 14 i の底面に接着してもよく、有底孔 14 a ~ 14 i に挿入した後、耐熱性樹脂やセラミック等の絶縁物で封止してもよく、両者を併用してもよい。

上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリ  
10 イミド樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂、シリコーン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。また、シリカゾル、アルミナゾルなどのセラミックを用いて封止してもよい。

上記金ろうとしては、37 ~ 80.5 重量% Au - 63 ~ 19.5 重量% Cu 合金、81.5 ~ 82.5 重量% Au - 18.5 ~ 17.5 重量% Ni 合金から  
15 選ばれる少なくとも 1 種が望ましい。これらは、熔融温度が、900℃ 以上であり、高温領域でも熔融しにくいからである。

銀ろうとしては、例えば、Ag - Cu 系のものを使用することができる。

発熱体 12 は、図 1 に示したように、少なくとも 2 以上の回路に分割されていることが望ましく、2 ~ 10 の回路に分割されていることがより望ましい。回路  
20 を分割することにより、各回路に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、シリコンウエハの加熱面の温度を調整することができるからである。

図 4、5 は、いずれも測温素子の固定方法を示す図面で、(a) は、有底孔の近傍を示す断面図であり、(b) は、有底孔の形状を示す拡大底面図である。

測温素子を固定するには、図 4 に示すように、コイルバネ 65 等の弾性体を用いて有底孔 610 の底面に圧着してもよく、図 5 に示すように、ボルト 74 の  
25 ようなもので有底孔 710 の底面に押しつけてもよい。弾性体としてはコイルばねや板バネなどを使用することができる。

樹脂、セラミック、ろう材等で測温素子を固定すると、熱劣化して測温素子が脱落するおそれがあるが、圧着等の物理的な方法を用いると、このような問題が

生じないため有利である。図4、5に示すように、圧着等による固定を行う場合であって、測温素子として熱電対を使用する場合には、筒状体の内部に熱電対が納められ、その周囲にアルミナ粉末等の絶縁粉末が充填されたシース型熱電対を使用することが望ましい。熱電対が破損するのを防止することができるからである。

発熱体12のパターンとしては、図1に示した同心円のほか、例えば、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられる。

本発明において、発熱体12をヒータ板11の表面に形成する場合には、金属粒子を含む導電ペーストをヒータ板11の表面に塗布して所定パターンの導体ペースト層を形成した後、これを焼き付け、ヒータ板11の表面で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。

図1に示したように、ヒータ板11の表面に発熱体12を形成する場合には、この発熱体12の厚さは、 $1 \sim 30 \mu\text{m}$ が好ましく、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ がより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、その厚さは、 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ が好ましい。

また、ヒータ板11の表面に発熱体12を形成する場合には、発熱体12の幅は、 $0.1 \sim 20 \text{mm}$ が好ましく、 $0.1 \sim 5 \text{mm}$ がより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、発熱体の幅は、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ が好ましい。

発熱体12は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。発熱体12は、ヒータ板11の内部に形成した場合の方が、厚み、幅とも大きくなるが、これは、発熱体12を内部に設けると、加熱面と発熱体との距離が短くなり、表面の温度の均一性が低下するため、発熱体12自体の幅を広げる必要があるからである。また、内部に発熱体を設けるために、窒化物セラミック等との密着性を考慮する必要性がなく、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよ

い。以上の理由から、発熱体 1 2 は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

発熱体 1 2 は、断面が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度分布ができにくいからである。

- 5      断面のアスペクト比（発熱体の幅／発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。

この範囲に調整することにより、発熱体 1 2 の抵抗値を大きくすることができるとともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

- 10      発熱体 1 2 の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、ヒータ板 1 1 のウエハ加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、発熱体 1 2 のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると発熱体 1 2 の中央の直上部分が高温となってしまい、結局、発熱体 1 2 のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。
- 15      発熱体 1 2 をヒータ板 1 1 の表面に形成する場合は、アスペクト比を10～200、発熱体 1 2 をヒータ板 1 1 の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。

- 20      発熱体 1 2 は、ヒータ板 1 1 の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、発熱体 1 2 を内部に設けると、加熱面と発熱体 1 2 との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、発熱体 1 2 自体を偏平にする必要があるからである。

本発明の発熱体 1 2 をヒータ板 1 1 の内部に偏芯して形成する場合の位置は、ヒータ板 1 1 の加熱面の反対側面（底面）に近い位置で、加熱面から底面までの距離に対して50%を超え、99%までの位置とすることが望ましい。

- 25      50%以下であると、加熱面に近すぎるため、温度分布が発生してしまい、逆に、99%を超えると、ヒータ板 1 1 自体に反りが発生して、シリコンウエハが破損するからである。

また、発熱体 1 2 をヒータ板 1 1 の内部に形成する場合には、発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにど

こかの層に発熱体 1 2 が形成され、加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。

5 導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タンガステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

上記導電性セラミックとしては、例えば、タンガステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

15 これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1 ~ 100  $\mu\text{m}$  が好ましい。0.1  $\mu\text{m}$  未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100  $\mu\text{m}$  を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。

20 上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、発熱体 1 2 と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

25 導体ペーストには、上記したように、金属粒子に金属酸化物を添加し、発熱体 1 2 を金属粒子および金属酸化物を焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、ヒータ板である窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと金属粒子とを密着させることができる。

金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミックまたは炭化物セラミック

と密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック、炭化物セラミックの表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとが密着するのではないかと考えられる。

- 5 前記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 ( $B_2O_3$ )、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

これらの酸化物は、発熱体12の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとの密着性を改善することができるから  
10 である。

上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 ( $B_2O_3$ )、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であ  
15 って、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。

これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミックとの密着性を改善することができる。

上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して発熱体12を形  
20 成した際の面積抵抗率は、 $1\text{ m}\Omega/\square \sim 10\text{ }\Omega/\square$ が好ましい。

発熱体12がヒータ板11の表面に形成される場合には、発熱体12の表面部分に、金属被覆層(図3参照)48が形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、0.1～10  $\mu\text{m}$ が好ましい。

25 金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルなどが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

発熱体12には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田

を介して発熱体 1 2 に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コパール製の端子ピン 1 3 が挙げられる。

5      なお、発熱体 1 2 をヒータ板 1 1 の内部に形成する場合には、発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。発熱体 1 2 をヒータ板 1 1 内部に形成する場合、発熱体の一部が表面に露出していてもよく、発熱体を接続するためのスルーホールが端子部分に設けられ、このスルーホールに端子が接続、固定されていてもよい。

10      接続端子を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1~50  $\mu\text{m}$  が好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

本発明のセラミックヒータでは、セラミック板の内部に電極を埋設して静電チャックとしたり、表面にチャックトップ導体層を設け、内部にガード電極やグラウンド電極を形成してウエハプローバとして機能させることができる。

次に、第一の本発明のセラミックヒータの製造方法について説明する。

15      まず、図 1 に示したヒータ板 1 1 の表面に発熱体 1 2 が形成されたセラミックヒータの製造方法について説明する。

#### (1) ヒータ板の作製工程

20      上述した窒化アルミニウムなどの窒化物セラミックまたは炭化物セラミックの粉末に必要な応じてイットリア等の焼結助剤やバインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を作製する。

25      次に、生成形体に、必要に応じて、シリコンウエハを支持するための支持ピンを挿入する貫通孔 1 5 となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔 1 4 a ~ 1 4 i となる部分を、ドリル加工やブラスト処理等により形成する。なお、貫通孔となる部分を形成するための加工は、焼結体を製造した後に行ってもよい。

次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、ヒータ板 1 1 を作製するが、

焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないヒータ板 11 を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックでは、1000～2500℃である。

5 (2) ヒータ板に導体ペーストを印刷する工程

導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、発熱体を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。発熱体は、ヒータ板全体を均一な温度にする必要があることから、図1に示すような同心円状からなるパターンに印刷することが望ましい。

導体ペースト層は、焼成後の発熱体 12 の断面が、方形で、偏平な形状となるように形成することが望ましい。

(3) 導体ペーストの焼成

ヒータ板 11 の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を  
15 除去するとともに、金属粒子を焼結させ、ヒータ板 11 の底面に焼き付け、発熱体 12 を形成する。加熱焼成の温度は、500～1000℃が好ましい。

導体ペースト中に上述した金属酸化物を添加しておくこと、金属粒子、ヒータ板および金属酸化物が焼結して一体化するため、発熱体とヒータ板との密着性が向上する。

20 (4) 金属被覆層の形成

発熱体 12 表面には、金属被覆層を設けることが望ましい。金属被覆層は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

(5) 端子等の取り付け

25 発熱体 12 のパターンの端部に電源との接続のための端子（端子ピン 13）を半田で取り付ける。また、有底孔 14a～14i に銀ろう、金ろうなどで熱電対を固定し、ポリイミド等の耐熱樹脂で封止し、セラミックヒータ 10 の製造を終了する。

次に、ヒータ板の内部に発熱体が形成されたセラミックヒータの製造方法につ

いて説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

まず、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてグリーンシートを作製する。

- 5 上述したセラミック粉末としては、窒化アルミニウム、炭化ケイ素などを使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤を加えてもよい。

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

- 10 さらに溶媒としては、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシートを作製する。

グリーンシートの厚さは、0.1～5 mmが好ましい。

- 15 次に、得られたグリーンシートに、必要に応じて、シリコンウエハを支持するための支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分、発熱体を外部の端ピンと接続するためのスルーホールとなる部分等を形成する。後述するグリーンシート積層体を形成した後に、上記加工を行ってもよい。

(2) グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

- 20 グリーンシート上に、金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導体ペーストを印刷する。

これらの導体ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

- 25 タングステン粒子またはモリブデン粒子の平均粒子径は、0.1～5  $\mu$ mが好ましい。平均粒子が0.1  $\mu$ m未満であるか、5  $\mu$ mを超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。

このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子85～87重量部；アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部



；および、 $\alpha$ -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種の溶媒  
1. 5～10重量部を混合した組成物（ペースト）が挙げられる。

### (3) グリーンシートの積層工程

導体ペーストを印刷していないグリーンシートを、導体ペーストを印刷したグ  
5 リーンシートの上下に積層する。

このとき、上側に積層するグリーンシートを、下側に積層するグリーンシートの数よりも多くして、発熱体の形成位置を底面の方向に偏芯させる。

具体的には、上側のグリーンシートの積層数は20～50枚が、下側のグリーンシートの積層数は5～20枚が好ましい。

### 10 (4) グリーンシート積層体の焼成工程

グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシート中のセラミック粒子および内部の導体を焼結させる。

加熱温度は、1000～2000℃が好ましく、加圧の圧力は、100～200 kg/cm<sup>2</sup>が好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとして  
15 ては、例えば、アルゴン、窒素などを使用することができる。

なお、焼成を行った後に、測温素子を挿入するための有底孔を設けてもよい。有底孔は、表面研磨後に、サンドブラストなどのブラスト処理を行うことにより形成することができる。また、内部の発熱体と接続するためのスルーホールに端子を接続し、加熱してリフローする。加熱温度は、200～500℃が好適である。  
20 る。

さらに、測温素子としての熱電対などを銀ろう、金ろう等を用いて取り付け、ポリイミドなどの耐熱性樹脂で封止し、セラミックヒータの製造を終了する。

次に、第二の本発明のセラミックヒータについて説明する。

第二の本発明のセラミックヒータは、セラミック板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック板の温度を測定する測温素子と、上記発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温素子により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなるセラミックヒータであって、  
25

上記セラミック板に、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて

有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に測温素子を設けたことを特徴とする。

第二の本発明のセラミックヒータによれば、測温場所が発熱体よりもシリコンウエハの加熱面に近いので、より正確なシリコンウエハの温度の測定が可能となり、この正確な温度の測定結果を記憶部に記憶し、上記記憶部で記憶された温度データに基づき、均一加熱のために発熱体に投入する電圧を演算部で計算し、この計算結果に基づき、制御部より制御電圧を発熱体に印加するので、シリコンウエハ全体を均一に加熱することが可能となる。

また、窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、ヒータ板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、ヒータ板の熱伝導率が高く、ヒータ板自体が薄いため、ヒータ板の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。

図2(a)は、第二の本発明のセラミックヒータの一例の概略を示したブロック図であり、(b)は、その一部を示した部分拡大断面図である。

図2に示したように、このセラミックヒータ20では、ヒータ板21に貫通孔25が複数個(図中では、1個のみ)設けられ、その貫通孔25に支持ピン26が挿入され、この支持ピン26上にシリコンウエハ19が載置されるようになっている。また、この支持ピン26を上下させることにより、シリコンウエハ19を図示しない搬送機に渡したり、搬送機からシリコンウエハ19を受け取ったりすることができるようになっている。

また、支持ピン26により、シリコンウエハ19をヒータ板21から所定距離に離間させた状態で保持し、加熱を行うこともできるようになっている。

一方、ヒータ板21の内部に発熱体22a、22bが埋設され、この発熱体22a、22bは、スルーホール28を介して底面に設けられた端子ピン23に接続されている。また、端子ピン23には、ソケット32が取り付けられ、このソケット32は、電源を有する制御部29に接続されている。

また、ヒータ板21には、底面21b側から有底孔24が設けられ、この有底孔24の底には、熱電対27が固定されている。この熱電対27は、記憶部30に接続され、各熱電対27の温度を一定時間毎に測定し、そのデータを記憶する

ことができるようになっている。そして、この記憶部 30 は、制御部 29 に接続されるとともに、演算部 31 に接続され、記憶部 30 に記憶されたデータに基づき、演算部 31 で制御する電圧値等の計算を行い、これに基づき、制御部 29 から各発熱体 21 に対して所定の電圧を印加し、加熱面 21a の温度を均一化することができるようになっている。

セラミックヒータ 20 を構成する各部材（ヒータ板 21、発熱体 22a、22b、スルーホール 28）やヒータ板 21 に形成する有底孔 24 等は、第一のセラミックヒータの場合と同様に構成されているので、ここではその説明を省略する。

次に、この第二の本発明のセラミックヒータ 20 の動作について、説明する。

10 まず、制御部 29 を作動させることによりセラミックヒータ 20 に電力を投入すると、ヒータ板 21 自体の温度が上がり始めるが、外周部の方の表面温度がやや低温になる。

15 熱電対 27 で測温したデータは、記憶部 30 に一端格納される。次に、この温度データは演算部 31 に送られ、演算部 31 において、各測定点における温度の差  $\Delta T$  を演算し、さらに、加熱面 21a の温度の均一化のために必要なデータ  $\Delta W$  を演算する。

例えば、発熱体 22a と発熱体 22b における温度差  $\Delta T$  があり、発熱体 22a の方が低ければ、 $\Delta T$  を 0 にするような電力データ  $\Delta W$  を演算し、これを制御部 29 に送信して、これに基づいた電力を発熱体 22a に投入して昇温させるのである。

20 電力の計算アルゴリズムについては、ヒータ板 21 の比熱と加熱域の重量から昇温に必要な電力を演算する方法が最も簡便であり、これに発熱体パターンに起因する補正係数を加味してもよい。また、予め、特定の発熱体パターンについて昇温試験を行い、測温位置、投入電力、温度の関数を予め求めておき、この関数から投入電力を演算してもよい。そして、演算部 31 で演算された電力に対応する印加電圧と時間とを制御部 29 に送信し、制御部 29 でその値に基づいて各発熱体 22 に電力を投入することになる。

図 3 は、第二の本発明のセラミックヒータの他の一例の概略を示したブロック図である。

図3に示したセラミックヒータ40では、ヒータ板41の底面41bに発熱体42a、42bが形成され、発熱体42a、42bの周囲に金属被覆層48が形成されている。

また、発熱体42a、42bに金属被覆層48を介して端子ピン43が接続、  
5 固定され、端子ピン43に、ソケット52が取り付けられている。そして、このソケット52は、電源を有する制御部29に接続されており、そのほかは、図2に示したセラミックヒータと同様に構成されている。

図3に示したセラミックヒータ40の動作は、図2に示したセラミックヒータ20と同様であり、熱電対42a、42bの温度を一定時間毎に測定して記憶部  
10 50で記憶し、このデータから演算部51で制御する電圧値等の計算を行い、これに基づき、制御部49から発熱体42a、42bに対して所定の電圧を印加して、セラミックヒータ40の加熱面41a全体の温度を均一化することができるようになっている。

15 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例1) 窒化アルミニウム製のセラミックヒータ(図1参照)の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末(平均粒径: 1.1  $\mu\text{m}$ ) 100重量部、イットリ  
20 ア(平均粒径: 0.4  $\mu\text{m}$ ) 4重量部、アクリル系バイнда12重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体(グリーン)を得た。この生成形体にドリル加工を施し、シリコンウエハの支持ピンを挿入する貫通孔15となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔14a~14i  
となる部分(直径: 1.1mm、深さ: 2mm)を形成した。

25 (3) 加工処理の終わった生成形体を1800℃、圧力: 200kg/cm<sup>2</sup>でホットプレスし、厚さが3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。

次に、この板状体から直径210mmの円板体を切り出し、セラミック製の板状体(ヒータ板)11とした。

(4) 上記(3)で得たヒータ板11に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷

した。印刷パターンは、図1に示したような同心円状のパターンとした。

導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。

この導体ペーストは、銀-鉛ペーストであり、銀100重量部に対して、酸化  
5 鉛(5重量%)、酸化亜鉛(55重量%)、シリカ(10重量%)、酸化ホウ素  
(25重量%)およびアルミナ(5重量%)からなる金属酸化物を7.5重量部  
含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が $4.5\mu\text{m}$ で、リン片状のもの  
であった。

(5) 次に、導体ペーストを印刷したヒータ板11を $780^{\circ}\text{C}$ で加熱、焼成して、  
10 導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにヒータ板11に焼き付け、発熱体  
12を形成した。銀-鉛の発熱体12は、厚さが $5\mu\text{m}$ 、幅 $2.4\text{mm}$ 、面積抵  
抗率が $7.7\text{m}\Omega/\square$ であった。

(6) 硫酸ニッケル $80\text{g}/\text{l}$ 、次亜リン酸ナトリウム $24\text{g}/\text{l}$ 、酢酸ナトリ  
ウム $12\text{g}/\text{l}$ 、ほう酸 $8\text{g}/\text{l}$ 、塩化アンモニウム $6\text{g}/\text{l}$ の濃度の水溶液か  
15 らなる無電解ニッケルめっき浴に上記(5)で作製したヒータ板11を浸漬し、銀  
-鉛の発熱体12の表面に厚さ $1\mu\text{m}$ の金属被覆層(ニッケル層)を析出させた。

(7) 電源との接続を確保するための端子を取り付ける部分に、スクリーン印刷  
により、銀-鉛半田ペースト(田中貴金属製)を印刷して半田層を形成した。

ついで、半田層の上にコパール製の端子ピン13を載置して、 $420^{\circ}\text{C}$ で加熱  
20 タフローし、端子ピン13を発熱体12の表面に取り付けた。

(8) 温度制御のための熱電対を $81.7\text{Au}-18.3\text{Ni}$ の金ローで接続し、  
( $1030^{\circ}\text{C}$ で加熱して融着)、セラミックヒータ10を得た。

#### (実施例2) 炭化ケイ素製のセラミックヒータの製造

平均粒径 $1.0\mu\text{m}$ の炭化ケイ素を使用し、焼結温度を $1900^{\circ}\text{C}$ とし、さら  
25 に得られたヒータ板の表面を $1500^{\circ}\text{C}$ で2時間焼成して表面に厚さ $1\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 層を形成したほかは、実施例1と同様にし、炭化ケイ素製のセラミックヒータを製造した。また、熱電対は、ポリイミド樹脂を用い、 $120^{\circ}\text{C}$ で硬化させることにより封止した。

#### (実施例3) 発熱体を内部に有するセラミックヒータの製造

(1) 窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製 平均粒径：1.1  $\mu\text{m}$ ）100重量部、イットリア（平均粒径：0.4  $\mu\text{m}$ ）4重量部、アクリルバイнда11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクタープレート法により成形を行って、厚さ0.47 mmのグリーンシートを得た。

(2) 次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにより直径1.8 mm、3.0 mm、5.0 mmのシリコンウエハ支持ピンを挿入する貫通孔15となる部分、端子ピンと接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

(3) 平均粒子径1  $\mu\text{m}$ のタングステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系バイнда3.0重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。

平均粒子径3  $\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系バイнда1.9重量部、 $\alpha$ -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。

この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、図1に示したような同心円パターンとした。また、端子ピンを接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。

上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側（加熱面）に37枚、下側に13枚、130℃、80 kg/cm<sup>2</sup>の圧力で積層した。

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力150 kg/cm<sup>2</sup>で3時間ホットプレスし、厚さ3 mmの窒化アルミニウム板状体を得た。これを230 mmの円板状に切り出し、内部に厚さ6  $\mu\text{m}$ 、幅10 mmの発熱体を有するセラミックヒータとした。

(5) 次に、(4) で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径：1.2 mm、深さ：2.0 mm）を設けた。

(6) さらに、スルーホール用の貫通孔の一部をえぐり取って凹部とし、この凹部にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコバール製の端子ピンを接続させた。

5    なお、端子ピンの接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

(8) 次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、シリカゾル（東亜合成社製 アロンセラミック）で封止し、120℃でゲル化し、セラミックヒータの製造を完了した。

#### （実施例4）セラミックヒータの温度制御

10    (1) 電源を有する制御部、記憶部および演算部を備えた温調器（オムロン製、E5ZE）を用意し、実施例1で製造したセラミックヒータ10（図1参照）に、端子ピン13を介して制御部からの配線を接続し、シリコンウエハをこのセラミックヒータ10上に載置した。

15    (2) 次に、このセラミックヒータ10に電圧を印加して、一旦200℃まで昇温しておき、さらに200～400℃まで昇温させ、図1に示す有底孔14a～14cに設置された熱電対により温度を測定した。測定結果を図6に示した。なお、図6では、縦軸に温度をとり、横軸に経過時間をとっている。

20    また、発熱体12a、12b、12cに投入した電力（電流値で表記する）のプロファイルを図7に示した。なお、図7では、縦軸に電流をとり、横軸に経過時間をとっている。

このセラミックヒータ10上に載置したシリコンウエハは、加熱の過程において、破損せず、均一に加熱された。

#### （実施例5）

25    以下の点が異なるほかは、実施例1と同様にしてセラミックヒータを製造した。すなわち、まず、ステンレス製の筒状体66の内部にK型熱電対67が納められ、その周囲にMgO粉末とアルミナ粉末が充填された状態のシース型熱電対を、熱電対として使用した。この筒状体66は、図4（a）に示すように、ほぼ直角に屈曲している。そして、有底孔610の形状を図4（b）に示すように平面視鍵孔状とし、ステンレス製のコイルバネ65の先にステンレス製の棒状体64が

固定された構造のものを用い、この棒状体 6 4 で筒状体 6 6 の屈曲部分を有底孔 6 1 0 の底面に押しつけることにより固定した。なお、コイルバネ 6 5 は、セラミック板 6 1 の支持容器（ケーシング）の底板 6 3 に取り付けられている。

（実施例 6）

5 以下の点が異なるほかは、実施例 1 と同様にしてセラミックヒータを製造した。

すなわち、図 5 に示すように、熱電対として、実施例 5 の場合と同様の構成のシース型熱電対を使用するとともに、実施例 5 の場合と同様に有底孔 7 1 0 を平面視鍵孔状とし、さらに、その側壁面にドリル加工によりネジ溝を形成した。そして、この有底孔 7 1 0 にシース型熱電対を有する筒状体 6 6 を挿入し、ステン  
10 レス製のボルト 7 4 をネジ込んで筒状体 6 6 の屈曲部分を有底孔 6 1 0 の底面に押しつけることにより固定した。

（比較例 1）

その底面がセラミック基板の加熱面からその厚さの 7 4 % の位置、すなわち、発熱体形成面と同レベルの面となるように有底孔を形成し、熱電対を埋め込んで  
15 Au-Ni でろう付けしたほかは、実施例 3 と同様にしてセラミックヒータを製造した。

（比較例 2）

発熱体形成面、すなわち、底面に熱電対を Au-Ni でろうづけしたほかは、実施例 1 と同様にしてセラミックヒータを製造した。

20 実施例 1 ～ 6、比較例 1、2 に係るセラミックヒータについて、200℃まで昇温し、最高温度と最低温度の差をサーモビュアで測定し、また熱電対付きの 25℃のシリコンウエハを 200℃まで昇温した状態で載置し、これがもとの 200℃まで戻るまでの時間（回復時間）を測定した。結果を下記の表 1 に示した。



表 1

	温度差 (℃)	回復時間 (秒)
実施例 1	0.3	46
実施例 2	0.5	50
実施例 3	0.4	46
実施例 4	0.4	45
実施例 5	0.3	47
実施例 6	0.3	46
比較例 1	2.0	110
比較例 2	1.3	100

注) 温度差 : 最高温度と最低温度との温度差

- 実施例 1 ~ 6 のセラミック基板においては、サーモピュアでの測定による温度差も 0.5℃以内と小さく、また、200℃までの回復時間も 50 秒以内と短かったのに対し、比較例 1、2 では、回復時間、温度差ともに長かった。

#### 産業上利用の可能性

- 以上説明したように第一および第二の本発明のセラミックヒータによれば、正確な被加熱物の温度の測定が可能となり、この温度の測定結果に基づいて発熱体の発熱状態を調整することにより、シリコンウエハ全体を均一に加熱することができる。

## 請求の範囲

1. セラミック板の表面または内部に発熱体を形成してなるセラミックヒータであって、

- 5 被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に測温素子を設けたことを特徴とするセラミックヒータ。

2. 前記有底孔の底と加熱面との距離は、0.1mm～セラミック板の厚さの  
10 1/2である請求の範囲1に記載のセラミックヒータ。

3. 前記セラミックヒータを構成するセラミックは、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックである請求の範囲1に記載のセラミックヒータ。

- 15 4. 前記発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなる請求の範囲1に記載のセラミックヒータ。

5. 前記発熱体は、断面が偏平形状である請求の範囲1に記載のセラミックヒータ。

20

6. セラミック板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック板の温度を測定する測温素子と、前記発熱体に電力を供給する制御部と、前記測温素子により測定された温度データを記憶する記憶部と、前記温度データから前記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなるセラミックヒータ  
25 であって、

前記セラミック板に、被加熱物を加熱する加熱面の反対側から加熱面に向けて有底孔を設けるとともに、該有底孔の底を発熱体よりも相対的に加熱面に近く形成し、この有底孔に前記測温素子を設けたことを特徴とするセラミックヒータ。

7. 前記発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されている請求の範囲6に記載のセラミックヒータ。

5      8. 前記測温素子は、シース型熱電対である請求項1～7のいずれか1に記載のセラミックヒータ。

9. 前記測温素子は、有底孔の底部に圧着されてなる請求項1～8のいずれか1に記載のセラミックヒータ。

10

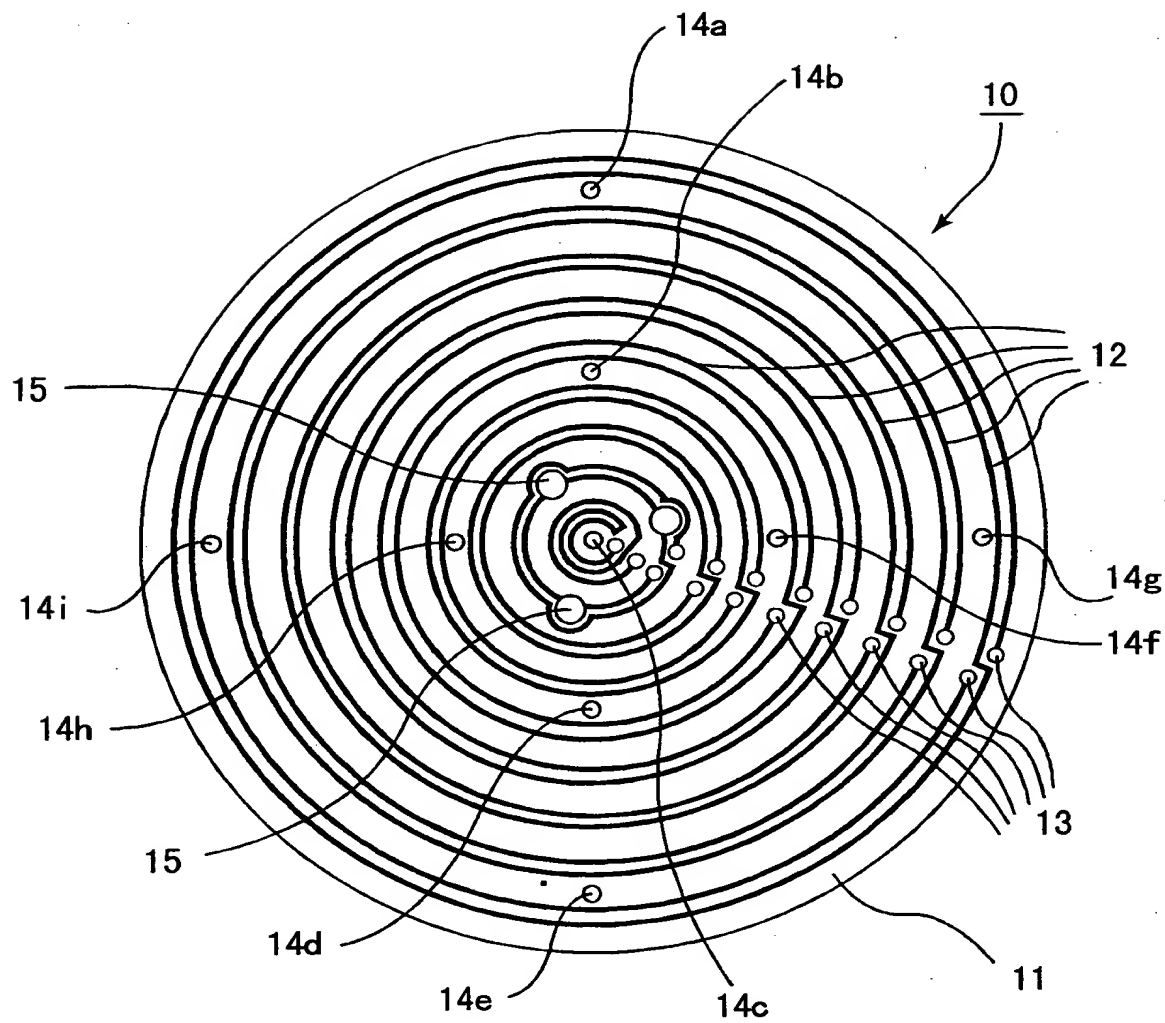
10. 前記測温素子は、弾性体またはネジにより圧着されてなる請求項9に記載のセラミックヒータ。

11. 前記測温素子は、有底孔内に絶縁物で封止されてなる請求項1～10の  
15      いずれか1に記載のセラミックヒータ。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/7

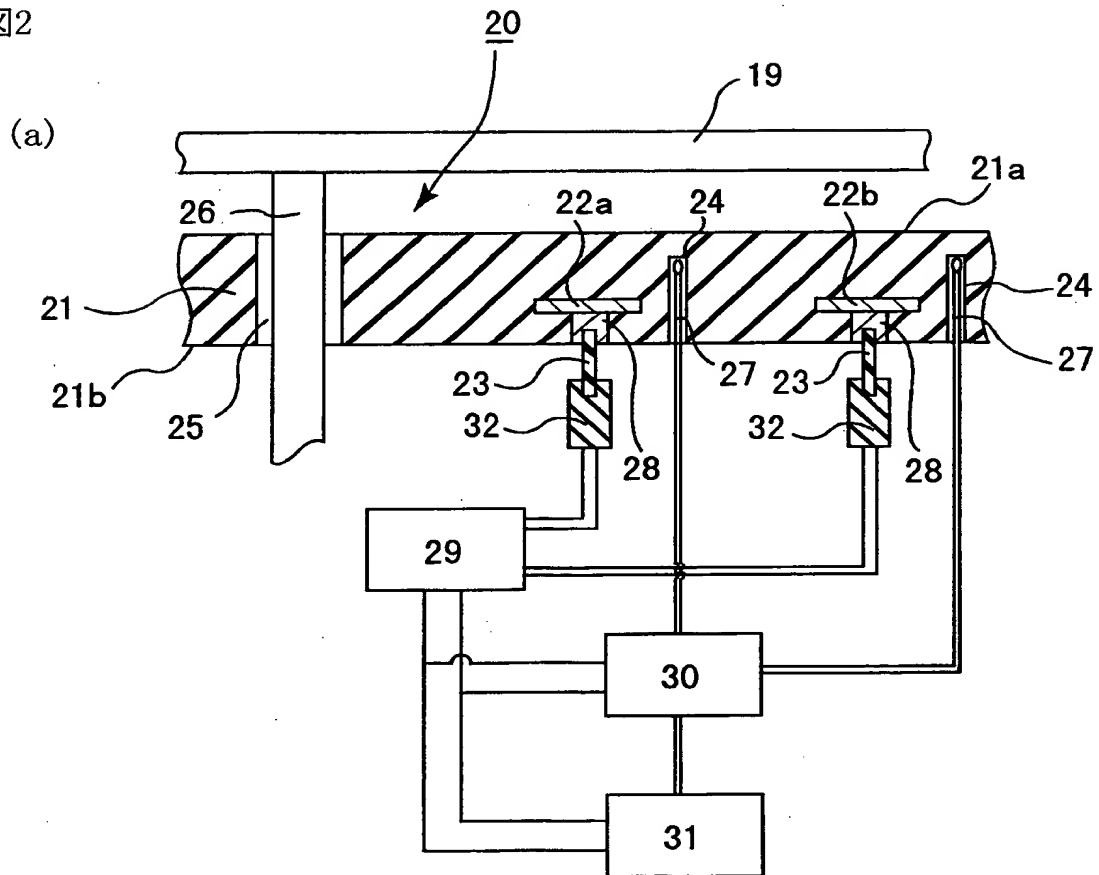
図1



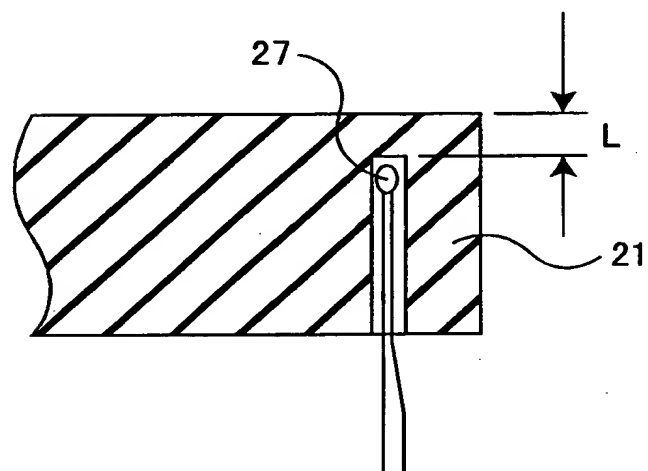
THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/7

図2



(b)

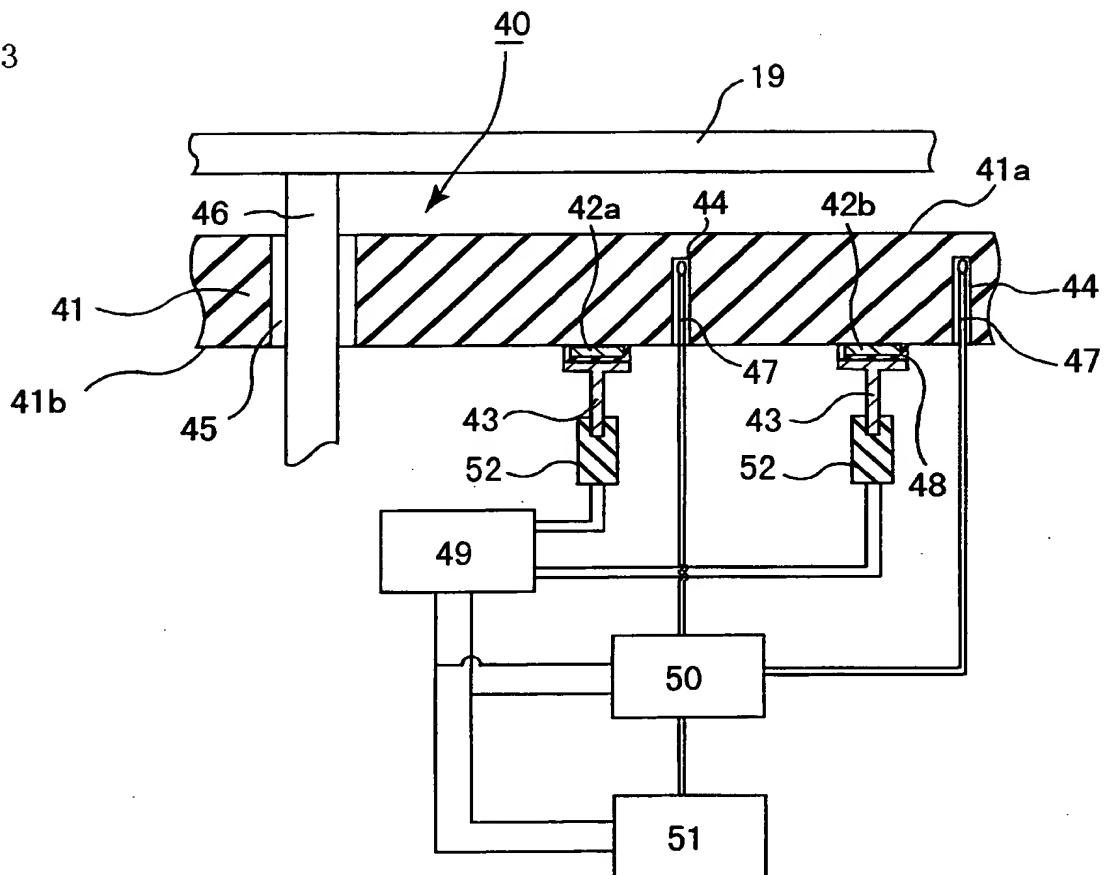


THIS PAGE BLANK (USPTO)



3/7

3

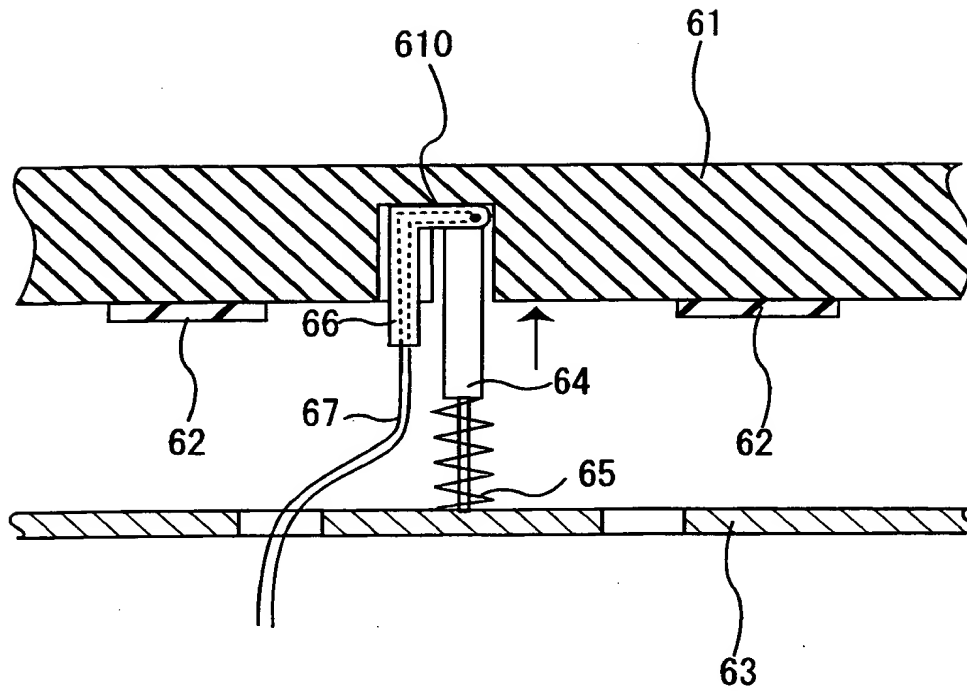


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

4/7

図4

(a)



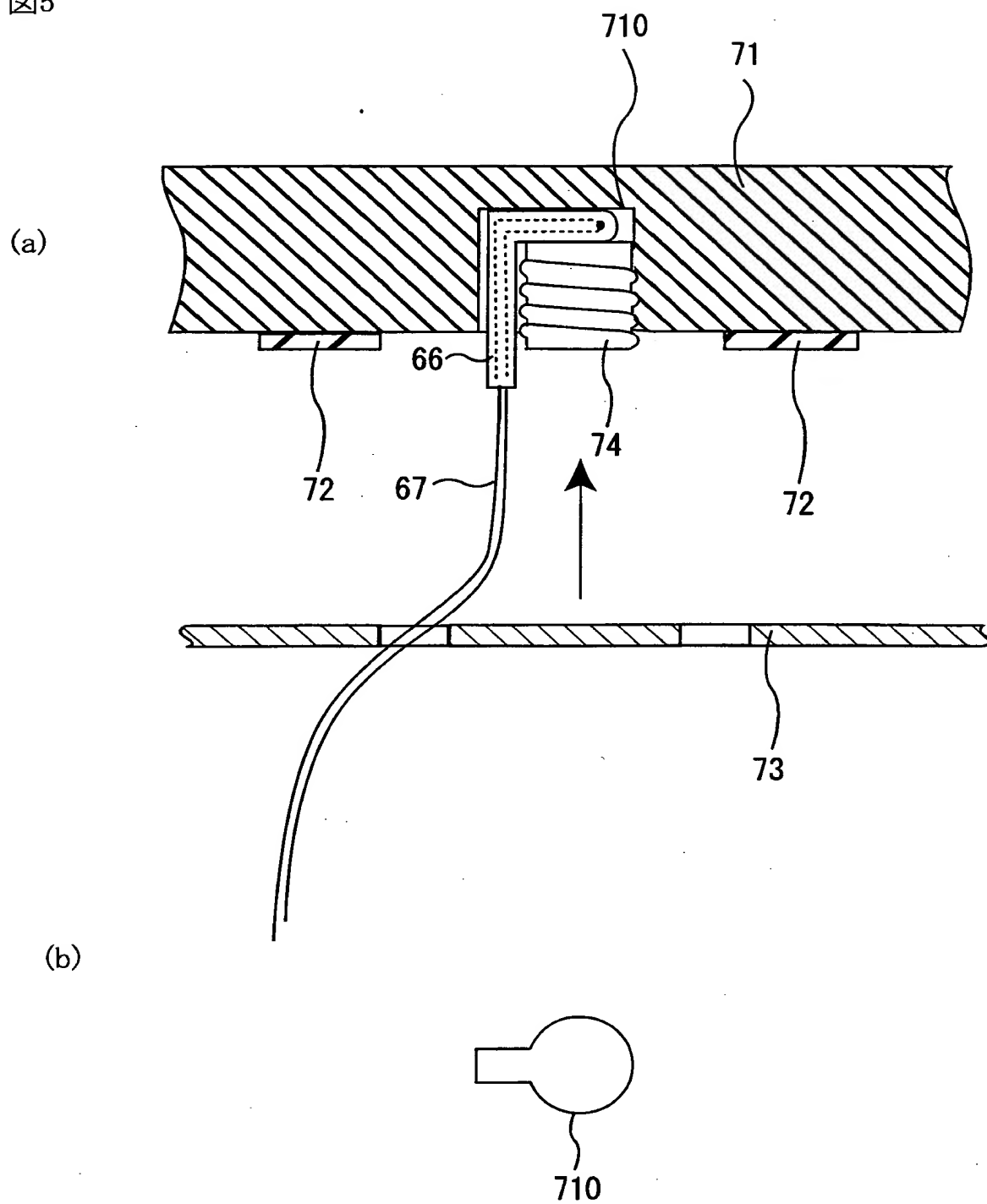
(b)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

5/7

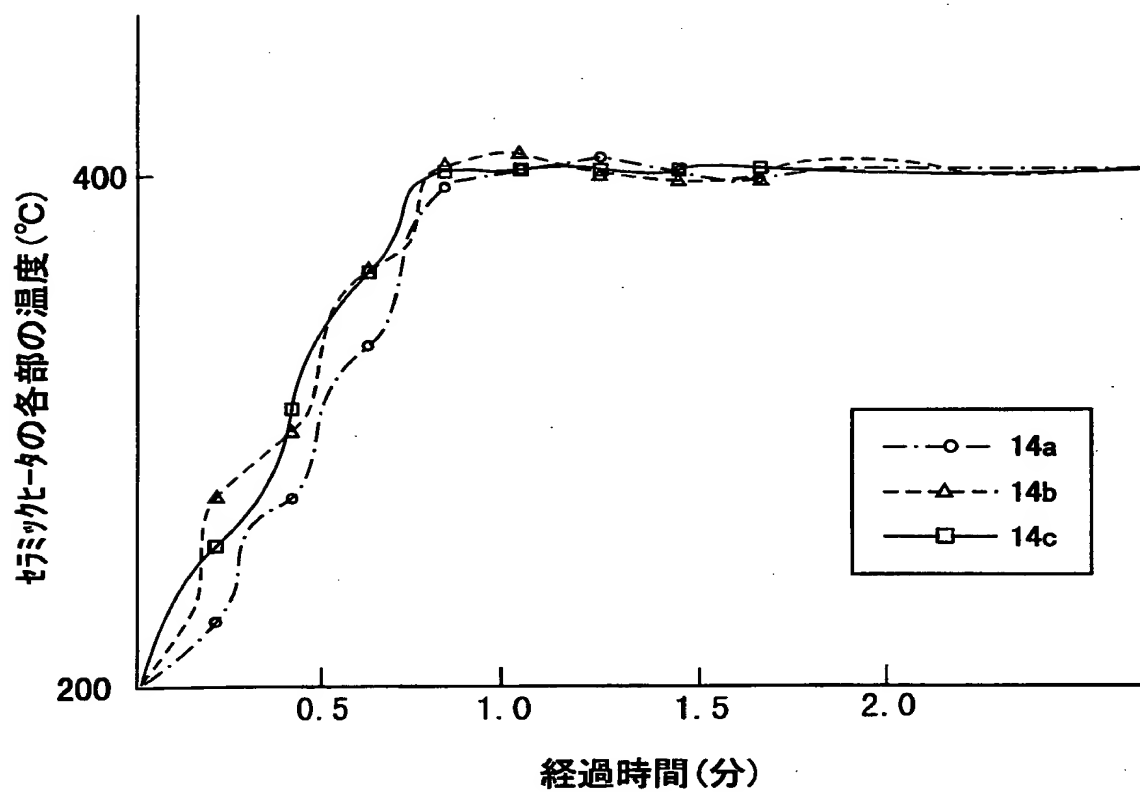
図5



THIS PAGE BLANK (USPTO)

6/7

図6

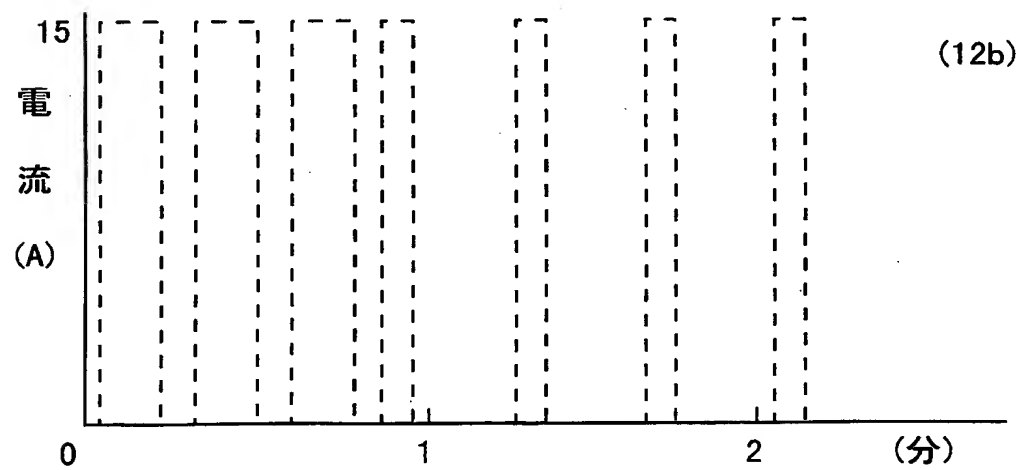
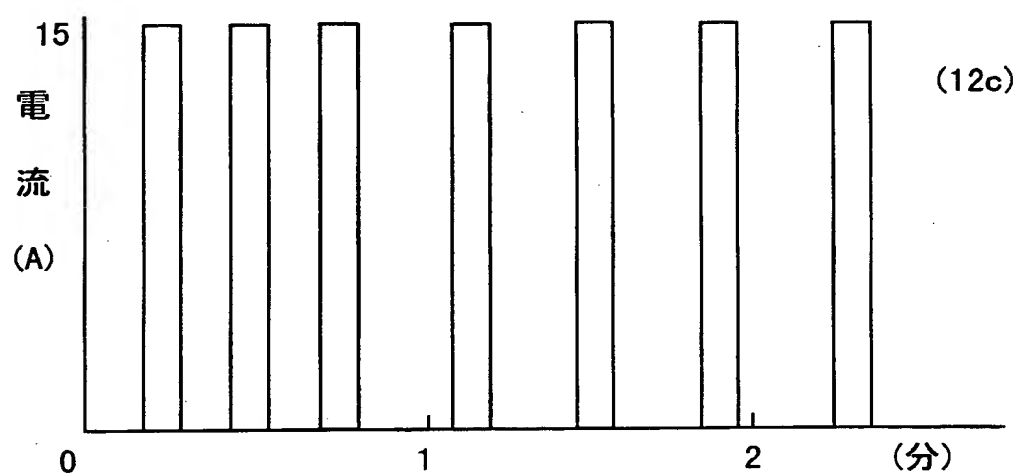
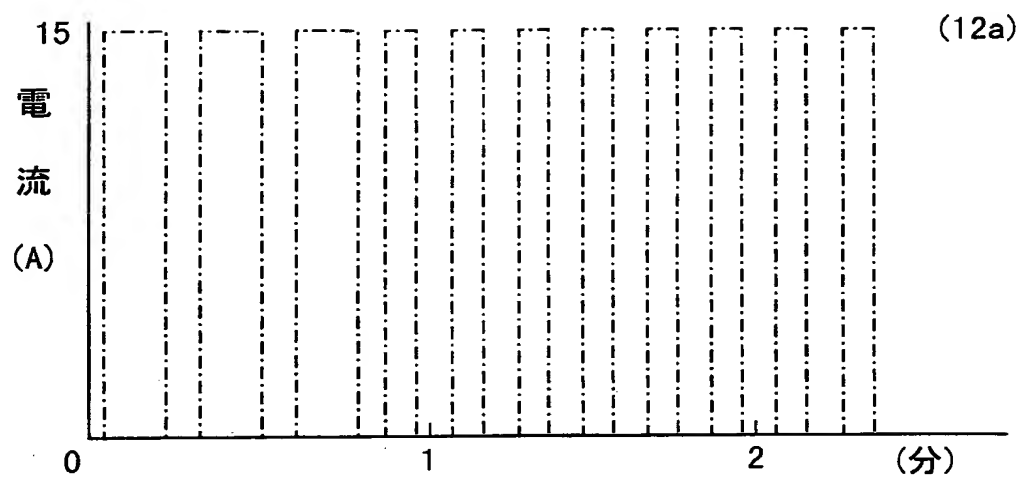


THIS PAGE R1 ANK (USPTO)



7/7

図7



THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP00/08154

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 4-98784, A (NGK Insulators, Ltd.), 31 March, 1992 (31.03.92), Full text; Fig. 2	1-3, 5, 6
Y	Full text; Fig. 2 (Family: none)	4, 7-11
Y	JP, 11-40330, A (Ibiden Co., Ltd.), 12 February, 1999 (12.02.99), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	4, 7
Y	JP, 5-101871, A (NGK Insulators, Ltd.), 23 April, 1993 (23.04.93), page 3, left column, lines 8 to 12; Fig. 6 & EP, 506391, A1 & US, 5306895, A	8
Y	JP, 11-16667, A (Canon Inc.), 22 January, 1999 (22.01.99), page 7, right column, lines 24 to 30; Fig. 1 (Family: none)	9, 10
Y	JP, 4-95832, A (NGK Insulators, Ltd.),	11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 January, 2001 (24.01.01)	Date of mailing of the international search report 06 February, 2001 (06.02.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP00/08154

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	27 March, 1992 (27.03.92), page 3, lower right column, lines 12 to 17; Fig. 2 (Family: none)	

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 4-98784, A (日本碍子株式会社) 31. 3月. 1992 (31. 3. 92) 全文, 第2図	1-3, 5, 6
Y	全文, 第2図 (ファミリーなし)	4, 7-11
Y	J P, 11-40330, A (イビデン株式会社) 12. 2月. 1999 (12. 2. 99) 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	4, 7

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 01. 01

国際調査報告の発送日

06. 02. 01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 茂夫

印

3 L

3024

電話番号 03-3581-1101 内線 3336

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 5-101871, A (日本碍子株式会社) 23. 4月. 1993 (23. 4. 93) 第3頁左欄第8行~第12行, 第6図 & E P, 506391, A1 & US, 5306895, A	8
Y	J P, 11-16667, A (キヤノン株式会社) 22. 1月. 1999 (22. 1. 99) 第7頁右欄第24行~第30行, 第1図 (ファミリーなし)	9, 10
Y	J P, 4-95832, A (日本碍子株式会社) 27. 3月. 1992 (27. 3. 92) 第3頁右下欄第12行~第17行, 第2図 (ファミリーなし)	11

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 IB497WO	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO0/08154	国際出願日 (日.月.年) 20.11.00	優先日 (日.月.年) 29.12.99
出願人(氏名又は名称) イビデン株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☒ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、  
第 1 図とする。 ☐ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☒ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 4-98784, A (日本碍子株式会社) 31. 3月. 1992 (31. 3. 92) 全文, 第2図	1-3, 5, 6
Y	全文, 第2図 (ファミリーなし)	4, 7-11
Y	J P, 11-40330, A (イビデン株式会社) 12. 2月. 1999 (12. 2. 99) 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	4, 7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 01. 01

国際調査報告の発送日

06. 02. 01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 茂夫

印

3 L

3024

電話番号 03-3581-1101 内線 3336

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 5-101871, A (日本碍子株式会社) 23. 4月. 1993 (23. 4. 93) 第3頁左欄第8行~第12行, 第6図 & EP, 506391, A1 & US, 5306895, A	8
Y	J P, 11-16667, A (キャノン株式会社) 22. 1月. 1999 (22. 1. 99) 第7頁右欄第24行~第30行, 第1図 (ファミリーなし)	9, 10
Y	J P, 4-95832, A (日本碍子株式会社) 27. 3月. 1992 (27. 3. 92) 第3頁右下欄第12行~第17行, 第2図 (ファミリーなし)	11

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/08154

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>7</sup> H05B3/00, H05B3/20, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 4-98784, A (NGK Insulators, Ltd.), 31 March, 1992 (31.03.92), Full text; Fig. 2	1-3, 5, 6
Y	Full text; Fig. 2 (Family: none)	4, 7-11
Y	JP, 11-40330, A (Ibiden Co., Ltd.), 12 February, 1999 (12.02.99), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	4, 7
Y	JP, 5-101871, A (NGK Insulators, Ltd.), 23 April, 1993 (23.04.93), page 3, left column, lines 8 to 12; Fig. 6 & EP, 506391, A1 & US, 5306895, A	8
Y	JP, 11-16667, A (Canon Inc.), 22 January, 1999 (22.01.99), page 7, right column, lines 24 to 30; Fig. 1 (Family: none)	9, 10
Y	JP, 4-95832, A (NGK Insulators, Ltd.),	11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
 24 January, 2001 (24.01.01)

Date of mailing of the international search report  
 06 February, 2001 (06.02.01)

Name and mailing address of the ISA/  
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/08154

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	27 March, 1992 (27.03.92), page 3, lower right column, lines 12 to 17; Fig. 2 (Family: none)	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**